

## シリア

### アル・ザラ火力発電所建設事業

外部評価者：宮崎 慶司（オーバーシーズ・プロジェクト・マネジメント・コンサルタンツ（株））

現地調査：2004年9月

#### 1. 事業の概要と円借款による協力



事業地域の位置図



アル・ザラ火力発電所

##### 1.1 背景

シリアでは1980年後半以降、電力需要の伸びに対して発電設備の拡張が追いつかず、供給不足が顕在化していた。93年には最大電力需要2,376MWに対し、発電可能出力は1,879MWにとどまり、首都ダマスカスにおいて1日5～6時間、地方都市に至っては10時間を超える計画停電が実施される等、電力需給状況は悪化をきわめた。94年には円借款事業であるジャンダール火力発電所の一部運転開始等により供給不足は緩和されたが、高い人口増加率（93年3.36%）、着実な経済成長（90～93年平均約8.4%）および鉱工業分野の潜在需要により、電力需要の増加が予測されていた。同国はこの状況に対処すべく、大規模な電源開発計画を策定し、本事業は同計画上の主要プロジェクトとして位置づけられていた。またシリアのエネルギー政策は、重油を輸出に振り向け、国内需要向けには当時開発が進んでいた天然ガスの利用を推進しており、国産天然ガスの利用先として本事業が予定されていた。

##### 1.2 目的

アル・ザラ地区に200MW×3基の天然ガス・重油併用焚きの火力発電所を建設することにより、同国内の電力供給拡大および国産天然ガスの有効利用・輸出用重油の国内消費削減を図り、もって同国の投資環境改善を通じた経済成長および国際収支の改善に寄与する。

##### 1.3 借入人/実施機関

シリア・アラブ共和国政府 / シリア発電送電公社（PEEGT）

## 1.4 借款契約概要

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| 円借款承諾額 / 実行額                | 461 億 9,900 万円 / 422 億 4,700 万円                                    |
| 交換公文締結 / 借款契約調印             | 1995 年 11 月 / 1995 年 12 月  |
| 借款契約条件                      | 金利 本体工事 年 2.7%<br>コンサルタント 年 2.3%<br>返済 30 年 (うち据置 10 年)<br>一般アンタイト |
| 貸付完了                        | 2003 年 1 月   |
| 本体契約                        | 三菱重工 (日本)  |
| コンサルタント契約                   | Mott Ewbank Preece (英国)  |
| 事業化調査 (フイジビリティ・スタディ: F/S 等) | F/S: シリア政府<br>国際協力銀行 (JBIC) 事前調査                                   |

## 2. 評価結果

### 2.1 妥当性

#### 2.1.1 審査時点における計画の妥当性

第七次電源開発計画 (1990～95 年) では電力需要増加への対応として 2000 年までに 5,320MW (03 年における四国全体の最大電力需要に相当) の発電能力増強 (設備容量ベース) を目標としていた。また、エネルギー政策で国産天然ガスの国内需要向け利用および重油の輸出を図っていた。本事業はシリアのアル・ザラ地区において、新規の天然ガス・重油併用焚き火力発電所の建設を行うことにより、電力供給拡大および国産天然ガスの有効利用を図るものであり、優先度の高い事業であった。

#### 2.1.2 評価時点における計画の妥当性

現行の第九次電源開発計画 (2001～05 年) においても将来の電力需要へ対応するため、05 年までに 7,643MW の発電能力増強 (設備容量ベース) を目標としている。また、国産天然ガスの生産拡大と国内産業での有効利用および重油輸出の促進は、現行エネルギー政策でも支持されている。上記政策と合致する本事業は引き続き重要性の高い事業である。

### 2.2 効率性

アウトプット、期間、事業費いずれも、おおむね審査時計画のとおり、または計画以上の達成状況であったため、本事業実施の効率性は高いと判断できる。

### 2.2.1 アウトプット

審査時点で計画されたアウトプットは以下のとおり。

- (1) 発電設備：600MW (200MW x 3 基)
- (2) 送変電設備：230KV 送電線 34 km

上記に対して実績は、以下のようにほぼ計画通りであった。

- (1) 発電設備：660MW (220MW x 3 基)  
10%の発電能力増強は、審査後の経済成長等に伴う電力需要見込みの増加に対応するものであった。
- (2) 送変電設備：計画通り

### 2.2.2 期間

審査時に計画された実施期間は 1995 年 12 月～99 年 8 月(45 カ月)であったのに対し、実際は、95 年 12 月～2000 年 6 月(55 カ月)であった。なお 10 カ月の遅延は、事業予定地における地震災害危険度等級が引き上げられた結果、基礎工事強化のための設計変更および追加工事を行ったこと(4 カ月)、冷却塔への風あたり等の影響を考慮してプラントの配置換えを行ったこと(3 カ月)等であった。

### 2.2.3 事業費

審査時に計画された事業費 588 億 5,400 万円に対し、実際は 496 億 1,200 万円であり、計画事業費内に収まった。費用減の最大の理由は競争による効率的な受注等により事業費の削減が図られたことであった。

### 2.3 有効性

事業完成後のアル・ザラ発電所の設備利用率は高く、順調に発電を行っていることから本事業の有効性は高いと判断できる。

#### 2.3.1 発電所の運用実績

アル・ザラ火力発電所は 2000 年 6 月より商業運転を開始した。01～03 年までの実績(04 年は 1～8 月までの実績であるため参考値)をみると、最大出力は設備容量である 660MW を保っており、送電端発電量<sup>1</sup>は 3,291GWh/年～4,089GWh/年(平均 3,724GWh/年)で、施設利用率

表 1：アル・ザラ発電所の運用効果指標

| 暦年                | 2001  | 2002  | 2003  | 2004* |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 最大出力<br>(MW)      | 660   | 660   | 660   | 660   |       |
| 送電端発電量<br>(GWh/年) | 3,291 | 4,089 | 3,792 | 2,499 |       |
| 設備利用率<br>(%)      | 61    | 76    | 70    | 70    |       |
| 発電端熱効率<br>(%)     | 38.3  | 38.9  | 36.6  | 37.1  |       |
| 所内率<br>(%)        | 6.5   | 6.4   | 6.7   | 6.9   |       |
| 停止時間<br>(時間)      | 1号機   | 2,585 | 761   | 1,118 | 1,232 |
|                   | 2号機   | 1,488 | 1,232 | 892   | 1,513 |
|                   | 3号機   | 924   | 1,513 | 1,042 | 237   |

出所：PEEGT

注 1)：2004 年は 1 月～8 月までのデータ。

<sup>1</sup> 送電端発電量とは、発電電力量から発電所内消費電力量を控除したものの。

は 61～76%（平均 69%）と安定している。01 年の施設利用率は 70%を下回っているが、これはシリア発電送電公社（PEEGT）が行う電力系統運用の制約によるものである。すなわち PEEGT では、シリア国内の電力需要をみながら、アル・ザラ発電所を含む全国 11 発電所の稼働状況、定期点検計画等を総合的に判断して、PEEGT 中央給電司令所が各発電所の毎日の発電量を決定することになっており、アル・ザラ発電所の発電量も PEEGT 中央給電司令所からの指令により決定される仕組みとなっている。このため、アル・ザラ発電所の施設利用率が年によっては 70%を下回ることがある。また発電端熱効率は平均 38%、所内率は平均 6.6%であり、火力発電としては先進国レベルの熱効率を保っている<sup>2</sup>。停止時間は、各発電所の定期点検スケジュールおよび中央給電司令所から毎日の発電量の指示等の影響を受けるが、毎年少しずつ減少している。

### 2.3.2 国産天然ガスの有効利用

アル・ザラ発電所は燃料として天然ガスと重油を併用し、国産天然ガスを有効利用することが期待されていた。審査時の計画では、天然ガス利用率 50%以上が目標であったところ、実際の天然ガス利用率は 2002 年が 66%、03 年が 46%と、ほぼ目標を達成している。シリアにおける国産天然ガス供給については、電力以外の国内需要とのバランスを考慮しつつ、PEEGT とガス会社間の調整により発電向けのガス供給総量<sup>3</sup>が決められ、その後、優先度に応じて各発電所への個別供給量が決定される仕組みになっている。従って年によってはアル・ザラ火力発電所のガス利用率が 50%を下回る場合もある。なおシリアでは引き続き新たなガス田開発を進めており、20 年には発電の 70%を国産天然ガスで賄う計画である。

### 2.3.3 財務的内部収益率（FIRR）の再計算

審査時における財務的内部収益率（FIRR）は、建設費、燃料費および運営・維持管理費を費用、本事業による買電収入を便益、プロジェクト・ライフは操業開始 25 年として計算され、10.8%であった。本評価において同様の条件にて再計算したところ、20.6%と算出された。審査時の値を上回った理由は、2002 年に最終需要家への売電単価が前年比で 80%上昇（0.8SP/KWh→1.44SP/KWh（概算で 8.5 円/KWh 15.2 円/KWh））したことによる便益の増加による。

<sup>2</sup> 各国の火力発電所の発電端熱効率（2002 年）は、日本（東京電力）が 40.4%、アメリカが 33.1%、イギリスが 36.1%、イタリアが 39.8%であった（出所：東京電力ホームページ）。

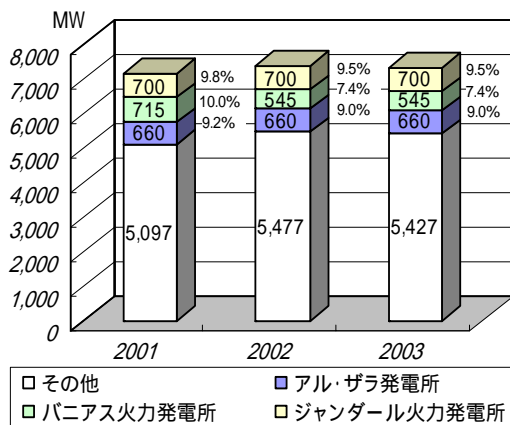
<sup>3</sup> シリア全体の天然ガス供給量 1,600 万 m<sup>3</sup>/日に対して、PEEGT への天然ガス供給量は 1,000 万 m<sup>3</sup>/日であり、天然ガス供給量全体の 62.5%が電力部門へ振り分けられている。うちアル・ザラ発電所への天然ガス供給量は 160 万 m<sup>3</sup>/日である。

## 2.4 インパクト

### 2.4.1 シリアの投資環境改善・経済成長

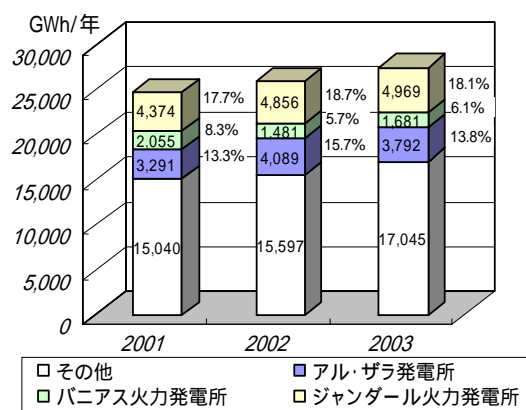
2003年のシリア全国の発電設備容量(7,332MW(日本の約3.2%<sup>4</sup>))に占める本事業による貢献は約9%(660MW)で、円借款の他の2事業(パニアス火力発電所(3・4号機)<sup>5</sup>およびジャンダール火力発電所<sup>6</sup>)を合わせると約26%(1,905MW)となる。また03年の全国の送電端発電量(2万7,487GWh/年(日本の約2.9%の規模<sup>7</sup>))に占める本事業の割合は約14%(3,792GWh/年)、円借款の他の2事業を合わせると約38%(1万442GWh/年)となり、同国の一人あたり電力消費量(00年:1,386KWh/年)から想定される受益者数は、本事業のみで約274万人、3事業合わせた円借款全体では約753万人に及ぶ(シリアの人口は約1,800万人)。

図1：円借款3事業の貢献度（発電設備容量）



出所：PEEGT

図2：円借款3事業の貢献度（送電端発電量）



出所：PEEGT

また1995年から02年にかけてシリアへの海外直接投資(FDI)が10億ドルから22.5億ドルへと増加。GDP実質成長率は95年から03年にかけて年平均3.8%で推移し、165億ドルから215億ドルへと増加しており、本事業を含む円借款事業によるシリア電力部門への貢献は、同国の投資環境改善および経済成長に貢献していると推察される。

### 2.4.2 国際収支の改善

アル・ザラ発電所の天然ガスの利用により、新たに輸出用に振り向けられた重油販売による外貨獲得額を試算すると、2001～04年の4年間で約41.5億円と推定され、国際収支改善への効果が認められる。

<sup>4</sup> 日本の発電設備能力(2000年度)は、一般電気事業者10社で19万5,630MW、卸売電気事業者56社で3万2,950MW、合計22万8,580MWである(出所：資源エネルギー庁ホームページ)。

<sup>5</sup> パニアス火力発電所増設事業(1989年完成)。

<sup>6</sup> ジャンダール火力発電所建設事業(1997年完成)。

<sup>7</sup> 日本の発電電力量(2000年度)は93万9,600GWh/年である(出所：資源エネルギー庁ホームページ)。

### 2.4.3 環境へのインパクト

アル・ザラ発電所からの排出ガスおよび排水はいずれもシリア排出基準を満たしている（表 2）。なお、本事業において用地取得・住民移転は発生しなかった。

表 2：アル・ザラ発電所の排出ガスおよび排水

|                              |    | 2002 年 |       | 2003 年 |       | 2004 年 |       | シリア排出基準                              |
|------------------------------|----|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------------------------------------|
| 排出ガス (単位：mg/m <sup>3</sup> ) |    |        |       |        |       |        |       |                                      |
|                              |    | NOx    | SOx   | NOx    | SOx   | NOx    | SOx   |                                      |
| 1 号機                         | 最大 | 176    | 1,848 | 194    | 2,341 | 200    | 2,188 | NOx:<br>300~3,000mg/m <sup>3</sup>   |
|                              | 平均 | 139    | 1,128 | 152    | 1,179 | 151    | 1,218 |                                      |
| 2 号機                         | 最大 | 191    | 1,073 | 184    | 2,367 | 196    | 2,538 | SOx:<br>1,000~3,000mg/m <sup>3</sup> |
|                              | 平均 | 78     | 435   | 127    | 960   | 136    | 1,519 |                                      |
| 3 号機                         | 最大 | 160    | 2,182 | 198    | 2,361 | 204    | 2,128 | * 産業用施設一般を<br>対象とした基準値               |
|                              | 平均 | 148    | 1,298 | 146    | 1,368 | 153    | 1,112 |                                      |
| 排水 (単位：mg/l)                 |    |        |       |        |       |        |       |                                      |
|                              |    | BOD    |       | BOD    |       | BOD    |       |                                      |
| 処理後<br>排水                    | 最大 | 17     |       | 16     |       | 15     |       | BOD:最大 40mg/l                        |
|                              | 平均 | 8.5    |       | 7      |       | 6      |       |                                      |

出所：PEEGT

注 1)：NOx および SOx のシリア排出基準値は、上記に示す産業用施設一般を対象とした基準値しか設定されておらず、火力発電所に特定した排出ガスの基準値は存在しない。そのため本評価ではその産業用施設一般を対象とした基準値との比較において、本事業施設からの排出ガスの評価を行った。

注 2)：排水の基準値は湖沼・河川への排水基準最大値。

注 3)：BOD とは生物化学的酸素要求量（Biochemical Oxygen Demand）のこと。河川水等の有機物による汚濁の程度を示す指標で、水中に含まれている有機物質が一定時間、一定温度のもとで微生物によって酸化分解されるときに消費される酸素の量。数値が高いほど有機物の量が多く、汚れが大きい。

## 2.5 持続性

### 2.5.1 実施機関

#### 2.5.1.1 技術

アル・ザラ発電所では、職員は海外技術研修および日本政府による無償援助で設けられた国内研修センターで研修を受けている。また他の発電所でもアル・ザラ発電所と同一の製造者による発電設備を使用しており、本事業施設の運営・管理に必要な技術を蓄積していることから本発電所の運営・管理において技術的な問題はない。

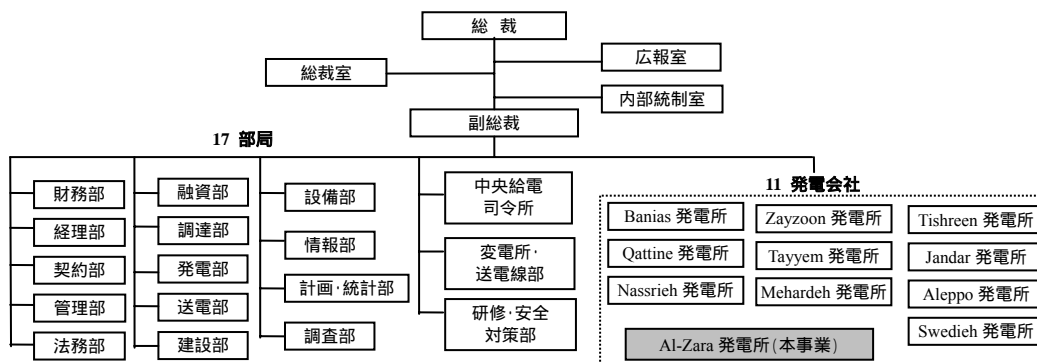
#### 2.5.1.2 体制

本事業の実施機関であるシリア発電送電公社（PEEGT）は傘下に 11 の発電所を擁する国営の発電送電会社である。本事業施設の直接的な運営・管理は、アル・ザラ発電所 637 人の職員が担っている。

PEEGT 傘下の 11 の発電所は本部から独立し分社化されており、各発電所は経営管理、予算、人事等において大幅な権限委譲を受けた発電会社（公社）として運営される一方、PEEGT 本部は全体の発電計画、供給管理、研究開発、研修、各発電所の予算

配分と調整、および送電部門の現業を担当している。配電部門については、シリア配電公社（PEDEEE）が担当している<sup>8</sup>。

図 3：PEEGT 組織図



また PEEGT では 2004 年に環境測定機器を備えた中央検査室を同本部に新設し、PEEGT 傘下の発電所の環境モニタリング部署と連携して、発電所からの排出物の測定や周辺環境への影響調査を強化するなど、環境対策にも積極的に取り組んでいる。

### 2.5.1.3 財務

アル・ザラ発電所を含む各発電会社は、各社の年次計画に基づき PEEGT 本部を通じて政府に対し予算の申請と配分を受けることになっているが、各発電所の業績に応じた予算枠の拡大や部品の調達および研修のための特別予算の上積み等、業績と連動したインセンティブが導入されている。

表 3：アル・ザラ発電所および PEEGT 全体の予算

(単位：千リポンド)

|            | 2001      |            | 2002      |            | 2003      |            |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|            | アル・ザラ     | PEEGT      | アル・ザラ     | PEEGT      | アル・ザラ     | PEEGT      |
| 人件費        | 47,122    | 1,014,795  | 71,888    | 1,113,472  | 87,026    | 1,403,675  |
| 製造原価       | 1,153,287 | 10,007,240 | 1,320,522 | 8,950,875  | 1,325,902 | 9,375,918  |
| 物件費        | 17,383    | 263,809    | 24,649    | 319,820    | 22,030    | 283,378    |
| 減価償却、租税公課等 | 1,122,544 | 13,099,217 | 1,249,157 | 14,885,682 | 1,050,006 | 9,295,721  |
| 合計         | 2,340,336 | 24,385,061 | 2,666,216 | 25,269,849 | 2,484,964 | 20,358,692 |

出所：PEEGT

注 1)：製造原価には燃料費、部品代等を含む

<sup>8</sup> 1994 年に旧シリア電力公社が発電送電部門を担当する発電送電公社（PEEGT）と配電部門を担当する配電公社（PEDEEE）へ分割された。

今回の調査では財務データに制約があり詳細な分析に至らなかったが、シリアの電力料金は政策的に発電費用以下に抑えられており、2002年までは1KWhあたり1.7シリアポンドの発電費用に対し、平均売電価格は1KWhあたり0.8シリアポンドであった。損失は政府からの補助金により補填されており、シリア政府はこの状況を改善するため電力料金体系の見直しを行い、現在では1KWhあたり1.44シリアポンドまで引き上げられている。

#### 2.5.2 維持管理

アル・ザラ発電所では、マニュアルに則って日常点検、定期点検、予防点検を実施しており、また必要に応じてコントラクターからの技術的助言を受けながら維持管理を行っている。保守報告書は写真付きで詳細に作成・保存されており、維持管理は適切に行われており問題はない。なおアル・ザラ発電所では2006年にオーバーホールを予定しており、必要な交換部品のリスト作り、工期等を含む実施計画を現在策定中である。

### 3 . フィードバック事項

#### 3.1 教訓

なし。

#### 3.2 提言

なし。



## 主要計画 / 実績比較

| 項 目  | 計 画  | 実 績   |
|--|--|---|
| <b>アウトプット</b><br>1. 発電設備<br>・ スチームタービン<br>・ 発電機<br>・ ボイラー<br>・ 燃料タンク<br>・ 自然通風式冷却塔<br>・ 燃料供給設備<br>・ 冷却水・水処理設備<br>2. 送変電設備<br>3. 発電所建屋、職員宿舎<br>4. コンサルティング・サービス | 200MW × 3基<br>3基<br>3基<br>3基<br>一式<br>一式<br>合計：225M/M  | 220MW × 3基<br>同左<br>同左<br>同左<br>同左<br>同左<br>同左<br>同左<br>同左<br>合計：270M/M   |
| 期間   | 1995年12月～1999年8月<br>(45カ月)   | 1995年12月～2000年6月<br>(55カ月)<br>事業完了は1～3号機の商業運転開始時  |
| <b>事業費</b><br>外貨<br>内貨<br>合計<br>うち円借款分<br>換算レート  | 461億9,900万円<br>126億5,500万円<br>(15億1,400万シリアポンド)<br>588億5,400万円<br>461億9,900万円<br>USD1 = 11.25シリアポンド = 94.6円<br>1シリアポンド = 8.40円<br>(1995年11月審査調書) | 422億4,700万円<br>73億6,500万円<br>(6億9,700万シリアポンド)<br>496億1,200万円<br>422億4,700万円<br>1シリアポンド = 10.57円<br>(1996年～2002年の加重平均) |